



*Н. Г. Загоруйко, С. С. Донецкая, С. Н. Рыскулов*

## МЕТОДИКА ОТБОРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДР УНИВЕРСИТЕТА

•

*N. G. Zagoruyko, S. S. Donetskaya, S. N. Ryskulov*

### The procedure of showings' selection for rating estimation of university departments' activity

Russian institutes of higher education apply for their practice rating estimation of university departments' and faculties' activity. The applied procedures of rating estimation contain large amount of showings that, as rule as, do double several, the most important, evaluation criteria. This article considers the experience of Siberian University for Consumer's Co-operation (Novosibirsk) in selection of the most informative showings for formal rating estimation of university departments' activity.

В последние годы ведущие вузы России уделяют значительное внимание разработке и внедрению систем управления, одной из задач которых является мониторинг качества образования. Мониторинг предполагает постоянное слежение за параметрами процессов, протекающих в университете и отдельных его подразделениях, с целью получения достоверной информации для эффективного управления образовательным процессом.

Формальная оценка качества подготовки специалистов университетом осуществляется Министерством образования и науки РФ по итогам работы за год по известной методике [1] и предполагает определение его рейтинга в однопрофильной группе вузов. Аналогичные рейтинговые оценки желательно определять и для отдельных подразделений вуза: кафедр и факультетов.

Обзор существующих методик рейтинговых оценок кафедр показал, что авторы, стремясь максимально учесть различные факторы, влияющие на деятельность кафедр, включают в свои методики слишком много критериев, которые зачастую дуб-

лируют друг друга. Кроме того, как правильно было отмечено в [2], работа по такой методике требует сбора большого количества анкет, форм, рейтинговых листов и прочей документации, заполнение которой всегда вызывает протест академического сообщества. Желательно построить такую систему критериев оценки кафедр и факультетов, которая содержала бы небольшое число оцениваемых параметров и при этом обеспечивала бы получение адекватных рейтинговых оценок подразделений вуза.

Сибирский университет потребительской кооперации (СибУПК) — негосударственное учреждение высшего профессионального образования Центросоюза РФ, создан в 1956 г. В настоящее время в университете на 32 кафедрах пяти факультетов ведется обучение по 16 программам высшего профессионального образования и 10 программам послевузовского образования.

Несмотря на большой опыт работы на рынке образовательных услуг, проблема обеспечения качества подготовки специалистов является актуальной для университета. С 2003 г. в СибУПК вне-



дряется система менеджмента качества подготовки специалистов.

В настоящее время в университете с участием сотрудников Института математики СО РАН ведется работа по созданию положения о рейтинговой оценке деятельности кафедр и факультетов. При этом главной задачей является отбор оптимального числа критериев оценки. Ниже описывается методика решения этой задачи.

### Постановка задачи

Наиболее часто для оценки рейтинга подразделений вуза используется метод решения «прямых» задач. Эксперты вырабатывают перечень оцениваемых показателей:  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , назначают этим показателям весовые коэффициенты  $a_1, a_2, \dots, a_n$ , и выбирают способ получения взвешенной рейтинговой оценки по значениям показателей. В результате подразделения получают рейтинговые оценки, которые иногда плохо согласуются с интуитивным представлением тех же экспертов о качестве работы сравниваемых подразделений.

Возможен другой подход, основанный на методах решения «обратных» задач. Вначале эксперты определяют рейтинги ( $Y$ ) оцениваемых подразделений и ранжируют их в порядке от самого сильного до самого слабого, затем формируют набор показателей, которые, по их мнению, должны учитываться при формальном определении рейтинга. Значения этих показателей измеряются у всех оцениваемых подразделений. В результате появляется таблица данных  $T$ , состоящая из  $M$  объектов (подразделений) и  $N$  характеристик (показателей). Будем объекты представлять в таблице  $T$  строками, а характеристики — столбцами. Если добавить целевой столбец  $Y$ , содержащий рейтинговые оценки подразделений, то получится матрица размером  $M \cdot (N + 1)$ , которая в регрессионном анализе и распознавании образов называется обучающей матрицей. В ней можно с помощью специальных математических методов обнаружить скрытые закономерности в виде зависимостей между значениями различных характеристик  $X$  и целевой характеристикой  $Y$ , т. е. между показателями подразделений и их рейтингами. Обычно выясняется, что для этого нужно измерять не все  $N$  характеристик, а лишь некоторое их наиболее информативное подмножество  $n < N$ . Для выбранных информативных характеристик автоматически определяются их значимости (весовые коэффициенты).

Сократить исходное множество показателей целесообразно по трем причинам. Во-первых, чем меньше показателей, тем проще процедура получения их значений. Во-вторых, из числа показателей устраняются неинформативные, «шумящие» характеристики, что повышает качество получаемых решений. И в-третьих, если количество показателей велико, а число объектов (подразделений) мало, то получаемые оценки становятся статистически плохо обусловленными. Доверие к получаемым результатам становится невысоким.

Поэтому описанная методика решения обратных задач была положена в основу разработки системы рейтинговых оценок кафедр и факультетов Сибирского университета потребительской кооперации).

Для рейтинговой оценки кафедр университета экспертами было предложено 32 показателя. Это прежде всего аккредитационные показатели и характеристики, применяемые другими вузами (табл. 1).

В эксперименте по расчету рейтинга пожелали участвовать 17 кафедр, которые предоставили сведения о своей работе за прошедший учебный год. В эту экспериментальную группу вошли выпускающие и не выпускающие кафедры. С помощью экспертного опроса руководства университета и деканов был определен их рейтинг.

Задача исследования состояла в автоматическом выборе количества и состава характеристик из 32 предложенных, которые наиболее сильно влияют на рейтинг кафедр, и в оценке весовых коэффициентов этих характеристик.

### Выбор информативных признаков и оценка их весов

Существуют эффективные методы выбора подсистем информативных признаков из их исходного множества [3]. Данная задача на современных машинах может быть решена простым методом полного перебора.

Перебирать будем все возможные сочетания признаков по  $n < N$  из исходного множества  $N = 32$ . Мало вероятно, что найдутся статистически устойчивые закономерности, использующие большое число признаков. Из этих соображений делался перебор сочетаний по  $n$  признаков в диапазоне от  $n = 1$  до  $n = 9$ . Количество всех таких сочетаний равно

$$W = \sum_{i=1}^9 C(32, i) = 43\,082\,972. \quad (1)$$



## Характеристики, предложенные для оценки рейтинга кафедр

1	Удельный вес штатных преподавателей (по численности)
2	Удельный вес преподавателей с ученой степенью и (или) званиями
3	Удельный вес преподавателей с ученой степенью доктора наук и (или) профессора
4	Удельный вес преподавателей, академиков РАН
5	Удельный вес преподавателей, повысивших квалификацию
6	Издано учебно-методической литературы: всего, п. л. на одного преподавателя
7	Издано учебников и учебных пособий без грифов на одного преподавателя, шт.
8	Издано учебников и учебных пособий с грифом МО или УМО на одного преподавателя с ученой степенью и званием, шт.
9	Выполнение сводного плана изданий, %
10	Обеспеченность дисциплин собственными методическими разработками, %
11	Обеспеченность дисциплин элементами дистанционного обучения, %
12	Количество договоров о сотрудничестве в образовательных целях в расчете на одного преподавателя
13	Удельный вес преподавателей — кураторов групп
14	Проведение мероприятий по внеучебной работе по кафедре в расчете на одного преподавателя
15	Издано монографий на одного преподавателя с ученой степенью и (или) званием, шт.
16	Опубликовано статей и тезисов в научно-методических журналах и сборниках трудов одним преподавателем
17	Патенты (авторские свидетельства) в расчете на одного преподавателя
18	Полученные гранты на проведение научных исследований в расчете на одного преподавателя
19	Объем финансируемых НИР, тыс. руб., в расчете на одного преподавателя
20	Удельный вес преподавателей с ученой степенью — руководителей аспирантур
21	Число аспирантов, закрепленных за кафедрой, в расчете на одного преподавателя с ученой степенью
22	Удельный вес аспирантов, подготовленных к защите
23	Удельный вес преподавателей кандидатов наук, защитивших докторскую диссертацию
24	Работа в диссертационных советах (удельный вес остепененных преподавателей, членов советов)
25	Подготовлено студентами докладов на конференциях в расчете на одного преподавателя
26	Опубликовано студентами статей и тезисов в расчете на одного преподавателя
27	Подготовлено и проведено конкурсов, олимпиад по дисциплинам кафедры в расчете на одного преподавателя
28	Студенты — призеры конференций, выставок, смотров-конкурсов, олимпиад в расчете на одного преподавателя
29	Организовано и функционирует кружков в расчете на одного преподавателя
30	Подготовлено номеров художественной самодеятельности в расчете на одного преподавателя
31	Удельный вес преподавателей, принявших участие в культурных мероприятиях
32	Удельный вес преподавателей, принявших участие в спортивных мероприятиях

Каждое сочетание признаков оценивается по критерию, основанному на правиле « $k$  ближайших соседей». Для оцениваемого подразделения  $q$  находится  $k$  подразделений, которые удалены от него на минимальное расстояние в пространстве признаков, вошедших в исследуемое сочетание. Подразделению  $q$  присваивается рейтинг, равный среднему значению экспертных рейтингов  $Y$ , выставленных этим  $k$  подразделениям. Эксперименты проводились при  $k = 1, 2$  и  $3$ .

После того как такие оценки получены для всех 17 подразделений, определяется мера схожести экспертных рейтингов  $Y$  с рейтингами  $Q$ ,

полученными описанным путем. Мера схожести можно оценивать, например, вычисляя сумму модулей разности между рейтингами  $Y$  и  $Q$  для всех подразделений. Чем меньше сумма различий, тем информативнее данная подсистема признаков.

Для определения весов каждого признака, вошедшего в выбранную подсистему, воспользуемся уравнением многомерной линейной регрессии:

$$R_j = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_N \cdot x_N + b, \quad (2)$$

где  $R_j$  — рейтинг кафедры,  $x_1, \dots, x_N$  — значения признаков информативного подмножества,  $a_1, \dots,$



$a_N$  — некоторые коэффициенты («веса» свойств),  
 $b$  — свободный член.

Коэффициенты  $a_1, \dots, a_N, b$  подбираются таким образом, чтобы ошибка предсказания известных рейтингов была минимальна. Для получения оценок  $a_1, \dots, a_N, b$  методом наименьших квадратов нужно минимизировать по  $a_1, \dots, a_N, b$  выражение

$$D = \sum_j (Y_j - b - a_1 \cdot x_{1j} - a_2 \cdot x_{2j} - \dots - a_N \cdot x_{Nj})^2, \quad (3)$$

где  $Y_j$  — рейтинг  $j$ -й кафедры,  $x_{ij}$  — значение признака  $x_i$  у  $j$ -й кафедры.

Приравнивание к нулю частных производных по  $a_1, \dots, a_N, b$  дает систему с  $N + 1$  уравнениями и  $N + 1$  неизвестными. Отсюда находятся значения коэффициентов  $a_1, \dots, a_N, b$ .

В результате анализа 32 характеристик кафедр методом одного, двух и трех ближайших соседей была получена самая информативная выборка из 5 признаков с номерами {10, 14, 16, 21, 24}. Дальнейшее увеличение числа учитываемых признаков не улучшает и даже ухудшает качество признаковой подсистемы. Пример результатов, полученных методом трех ближайших соседей, приведен в табл. 2, в которой представлены наиболее информативные подсистемы различной размерности.

Для оценки весов каждого свойства из выборки {10, 14, 16, 21, 24} было построено уравнение многомерной линейной регрессии:

$$Y = 14,0694 - 5,13696 \cdot x\{10\} + 2,44592 \cdot x\{14\} - 0,865472 \cdot x\{16\} - 2,56601 \cdot x\{21\} - 7,01425 \cdot x\{24\}. \quad (4)$$

**Примечание.** Кафедры ранжируются в порядке возрастания рейтинга. Наименьший рейтинг имеет кафедра, характеризующаяся лучшими формальными показателями деятельности.

Найденные таким способом веса признаков наиболее информативной подсистемы показаны в табл. 3.

### Анализ результатов

Из 32 показателей, предложенных для оценки рейтинга кафедр, наиболее полезную информацию несут пять. Для того, чтобы ответить на вопрос, почему другие, прежде всего аккредитационные, показатели не попали в выборку, проанализируем их.

Оценим влияние на рейтинг каждого показателя в отдельности с помощью коэффициентов парной корреляции (табл. 4).

Как видно из табл. 4, значительно коррелируют с экспертным рейтингом пять признаков с но-

Таблица 2

Результаты выбора характеристик кафедр

Количество признаков (n)	Среднее отклонение от рейтинга, предсказанного экспертами	Номера признаков в наилучшей выборке
1	3,047	24
2	2,547	4, 13
3	2,324	10, 16, 24
4	2,206	1, 10, 16, 24
5	1,806	10, 14, 16, 21, 24
6	1,806	10, 14, 16, 17, 21, 24
7	1,924	9, 10, 14, 16, 17, 21, 24
8	1,835	2, 5, 9, 10, 14, 16, 21, 24
9	1,835	2, 5, 9, 10, 14, 16, 17, 21, 24

Таблица 3

Веса информативных признаков кафедр

Признак	Вес
10. Обеспеченность дисциплин собственными методическими разработками, %	5,13696
14. Проведение мероприятий по внеучебной работе по кафедре в расчете на одного преподавателя	-2,44592
16. Опубликовано статей и тезисов в научно-методических журналах и сборниках трудов одним преподавателем	0,865472
21. Число аспирантов, закрепленных за кафедрой, в расчете на одного преподавателя с ученой степенью	2,56601
24. Работа в диссертационных советах (удельный вес остепененных преподавателей, членов советов)	7,01425



мерами {2, 10, 16, 20, 24}. Они обладают наибольшей индивидуальной информативностью. Однако не все они оказались в наиболее информативной пятимерной подсистеме признаков: в этой подсистеме не оказалось признаков 2 и 20. Вместо них были выбраны признаки 14 и 21, уступающие им по индивидуальной информативности. Этот факт указывает на важность учета взаимной зависимости между признаками, в чем можно дополнительно убедиться, сравнив две пятимерные подсистемы: подсистему  $X_1$ , составленную из наиболее ин-

формативных признаков без учета взаимной зависимости, и подсистему  $X_2$ , учитывающую эту зависимость.

Приведем уравнение многомерной линейной регрессии для свойств {2, 10, 16, 20, 24}, дающее минимальное отклонение от известных рейтингов 17 кафедр:

$$Q = 15,7824 - 6,33264 \cdot x\{2\} - 5,47576 \cdot x\{10\} - 1,15915 \cdot x\{16\} + 2,87361 \cdot x\{20\} - 6,96522 \cdot x\{24\}.$$

Таблица 4

## Коэффициенты корреляции между значениями признаков и экспертным рейтингом

№ п/п	Показатель	Коэффициент корреляции
1	Удельный вес штатных преподавателей (по численности)	-0,26086
2	Удельный вес преподавателей с ученой степенью и (или) званиями	0,58948
3	Удельный вес преподавателей с ученой степенью доктора наук и (или) профессора	0,44232
4	Удельный вес преподавателей, академиков РАН	0,13668
5	Удельный вес преподавателей, повысивших квалификацию	0,11510
6	Издано учебно-методической литературы: всего; п. л. на одного преподавателя	0,27755
7	Издано учебников и учебных пособий без грифов на одного преподавателя, шт.	0,24165
8	Издано учебников и учебных пособий с грифом МО или УМО на одного преподавателя с ученой степенью и званием, шт.	0,33154
9	Выполнение сводного плана изданий, %	-0,31569
10	Обеспеченность дисциплин собственными методическими разработками, %	0,46936
11	Обеспеченность дисциплин элементами дистанционного обучения, %	0,17364
12	Количество договоров о сотрудничестве в образовательных целях в расчете на одного преподавателя	0,19982
13	Удельный вес преподавателей — кураторов групп	-0,45095
14	Проведение мероприятий по внеучебной работе по кафедре в расчете на одного преподавателя	0,11559
15	Издано монографий на одного преподавателя с ученой степенью и (или) званием, шт.	0,0182
16	Опубликовано статей и тезисов в научно-методических журналах и сборниках трудов одним преподавателем	0,49700
17	Патенты (авторские свидетельства) в расчете на одного преподавателя*	—
18	Полученные гранты на проведение научных исследований в расчете на одного преподавателя	0,17409
19	Объем финансируемых НИР, тыс. руб., в расчете на одного преподавателя	0,40007
20	Удельный вес преподавателей с ученой степенью — руководителей аспирантурой	0,45221
21	Число аспирантов, закрепленных за кафедрой, в расчете на одного преподавателя с ученой степенью	0,34088
22	Удельный вес аспирантов, подготовленных к защите	0,05522
23	Удельный вес преподавателей кандидатов наук, защитивших докторскую диссертацию	0,17440
24	Работа в диссертационных советах (удельный вес остепененных преподавателей, членов советов)	0,67791
25	Подготовлено студентами докладов на конференциях в расчете на одного преподавателя	0,43746
26	Опубликовано студентами статей и тезисов в расчете на одного преподавателя	0,42304
27	Подготовлено и проведено конкурсов, олимпиад по дисциплинам кафедры в расчете на одного преподавателя	0,24052
28	Студенты — призеры конференций, выставок, смотров-конкурсов, олимпиад в расчете на одного преподавателя	0,28458
29	Организовано и функционирует кружков в расчете на одного преподавателя	0,03390
30	Подготовлено номеров художественной самодеятельности в расчете на одного преподавателя	-0,18869
31	Удельный вес преподавателей, принявших участие в культурных мероприятиях	0,02976
32	Удельный вес преподавателей, принявших участие в спортивных мероприятиях	0,22909

Примечание. \* — значение признака не измерялось; аккредитационные признаки выделены курсивом, информативные показатели — жирным шрифтом.



Среднее отклонение от известных рейтингов 17 кафедр равно 1,91706. Сравнение велось по значениям среднего отклонения вычисленных рейтингов кафедр  $Q$  и рейтинга  $Y$ , установленным экспертами (табл. 5).

Дополнительное доказательство того, что подсистема  $X_1$  уступает подсистеме  $X_2$ , можно получить из табл. 6, в которой представлены коэффициенты парных корреляций между семью конкурирующими признаками. Мы видим, что признак {2} коррелирует с информативными признаками {16, 24} и признаком {20}, который в свою очередь сильно взаимосвязан с признаком {24}. Следовательно, полезная информация, которой обладают признаки {2, 20}, уже полностью представлена в признаках подсистемы  $X_2$ .

### Способы вычисления рейтинга кафедр

Рейтинг кафедр мы рассчитывали с помощью уравнения линейной регрессии (4) и по трем другим наиболее часто используемым формулам. Расчеты делались как для пяти наиболее информативных признаков, так и для всех тридцати двух исходных признаков. Приведем эти три формулы:

$$R_j = \sqrt{a_1(1 - z_{1j})^2 + a_2(1 - z_{2j})^2 + \dots + a_n(1 - z_{nj})^2}, \quad (5)$$

где  $R_j$  — рейтинг  $j$ -й кафедры;  $a_i$  — вес  $i$ -го показателя (ошибка прогноза рейтинга при удалении  $i$ -го свойства из информативной выборки);

$z_{ij}$  — значение  $i$ -го стандартизованного показателя  $j$ -й кафедры:

$$z_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{2 \cdot \bar{x}_i}, & \text{если } x_{ij} < 2 \cdot \bar{x}_i \\ 1, & \text{если } x_{ij} \geq 2 \cdot \bar{x}_i \end{cases},$$

где  $x_{ij}$  — исходное значение  $i$ -го показателя  $j$ -й кафедры;  $\bar{x}_i$  — среднее значение  $i$ -го показателя для всех кафедр. Если признак  $x_{ij}$  равен среднему значению по вузу, то кафедра получает оценку 0,5. Если  $x_{ij}$  достигает уровня 2, то кафедра получает оценку 1 и дальнейший рост этого отдельного показателя не увеличивает оценку кафедры. Такая стандартизация стимулирует гармоничное развитие кафедр и делается для того, чтобы одним очень успешным показателем нельзя было компенсировать слабую работу по всем другим направлениям.

При расчете рейтинга по формуле (5) кафедры ранжируются в порядке возрастания  $R_j$ : наилучший рейтинг имеет кафедра с минимальным значением  $R_j$ .

$$R_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i \cdot z_{ij}^2}, \quad (6)$$

$$R_j = \sum_{i=1}^n a_i \cdot z_{ij}^2. \quad (7)$$

Таблица 5

Состав подсистемы	$X_1 = \{2, 10, 16, 20, 24\}$	$X_2 = \{10, 14, 16, 21, 24\}$
Среднее отклонение $Q$ от $Y$	1,917	1,806

Таблица 6

### Матрица коэффициентов парной корреляции

Показатель	Показатель						
	2	10	14	16	20	21	24
2	1						
10	0,17155	1					
14	0,07643	0,08365	1				
16	0,31278	0,32019	-0,00475	1			
20	0,46681	0,37399	0,09707	0,19066	1		
21	0,14090	0,04859	-0,23997	0,48454	0,00414	1	
24	0,45563	0,14893	0,12582	0,38299	0,64558	0,12191	1



Коэффициенты корреляции экспертных оценок и рейтинга, рассчитанного по 32 и 5 показателям

Формула расчета	Рейтинг по 32 показателям	Рейтинг по 5 показателям
4	—	0,816
5	0,674	0,836
6	0,728	0,792
7	0,689	0,809

При расчете по формулам (6), (7) кафедры ранжируются в порядке убывания  $R_j$ : наилучший рейтинг имеет кафедра с максимальным значением  $R_j$ .

Коэффициенты парной корреляции между экспертной оценкой и рейтингом кафедр, рассчитанным по пяти и тридцати двум признакам (табл. 7), еще раз подтверждает целесообразность выбора оптимального подмножества признаков. При использовании подсистемы из пяти признаков лучшее соответствие между экспертными и вычисленными значениями рейтингов дает формула (5).

### Предсказание рейтинга для всех кафедр университета

Как уже было изложено, информативные признаки определялись по обучающей выборке в виде данных 17 кафедр университета. Всего в университете 32 кафедры. Они были сгруппированы в две равнозначные группы: выпускающие (19) и не выпускающие (13) кафедры.

На основе подсистемы признаков  $X_2 = \{10, 14, 16, 21, 24\}$  был предсказан рейтинг контрольной выборки, включающей 15 кафедр, не представленных в обучающей выборке. При этом использовалось правило «трех ближайших соседей».

Полученные результаты оценивались экспертами (руководством университета и деканами) и были признаны приемлемыми. Коэффициент парной корреляции между прогнозными и экспертными оценками составил: для выпускающих кафедр — 0,772, для невыпускающих — 0,731, что указывает на высокую точность прогноза, а сле-

довательно, большую значимость информативных показателей для рейтинговой оценки всех кафедр университета.

### Выводы

1. Для расчета рейтинга кафедр целесообразно использовать небольшое число наиболее информативных признаков.

2. Отбор информативных признаков целесообразно проводить на основе обучающей выборки, составленной по данным отдельных кафедр.

3. Наборы информативных признаков для оценки рейтинга кафедр разных университетов могут отличаться друг от друга.

4. Наборы информативных признаков для оценки рейтинга университетов могут отличаться от наборов, предназначенных для оценки рейтинга кафедр. Для их получения необходимо анализировать данные значений всех аккредитационных показателей, измеренных у сравниваемой группы вузов.

### Литература

1. Временная методика определения рейтинга специальностей и вузов: Приказ Минобразования России от 19.02.2003 № 593.
2. Мельничук Д. А., Ибатуллин И. И., Шостак А. В. Рейтинг субъектов деятельности национального аграрного университета Украины // Университетское управление. 2004. № 3(31). С. 44–58.
3. Загоруйко Н. Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск, 1999. 270 с.

